

科技服务业与高技术制造业协同 集聚对创新效率的影响

孟卫军 林刚 刘名武¹

(重庆交通大学 经济与管理学院, 重庆 400074)

【摘要】:在建设创新型国家进程中,科技服务业与高技术制造业协同集聚已成为优化创新资源配置进而推动创新发展的重要载体。采用2009—2017年中国28个样本省区市的相应数据,运用网络SBM-DEA模型和面板Tobit模型,检验科技服务业与高技术制造业协同集聚对高技术制造业技术研发阶段和成果转化阶段创新效率的影响及区域差异,结果表明:在样本期间样本地区高技术制造业的创新效率整体较低,且成果转化效率低于技术研发效率;科技服务业与高技术制造业的协同集聚水平有待提升,并呈东、中、西部地区梯度递减格局;从总体来看,无论是在技术研发阶段还是在成果转化阶段,科技服务业与高技术制造业协同集聚的创新效率促进效应均显著;这种创新效率促进效应,在东部地区的技术研发阶段和成果转化阶段均显著,而中部地区仅在成果转化阶段显著,西部地区仅在技术研发阶段显著。因此,应积极引导和促进科技服务业与高技术制造业协同集聚,充分发挥其促进创新效率的作用,并通过技术交易市场化促进成果转化;同时,应结合区域比较优势培育竞争优势,推进产业集聚的区域差别化发展。

【关键词】:创新效率 高技术制造业 技术研发 成果转化

【中图分类号】:F269.23;F424.3 **【文献标志码】:**A **【文章编号】:**1674-8131(2021)03-0082-15

一、引言

十九届五中全会指出,提升先进制造业自主创新能力是坚持创新驱动发展的重点领域,强调要推动先进制造业与科技服务业深度融合。以科技服务业与高技术制造业为代表的知识、技术密集型产业是助推制造业由要素驱动向创新驱动转换的重要力量。高技术制造业具备高技术密集性、高创新性以及高附加值等特征,是制造业创新发展的支撑行业^[1]。科技服务业能够有效帮助高技术制造业获取知识创新思路和技术启发,并通过搜索市场信息、识别市场需求等渠道来优化高技术制造业创新资源配置能力^[2],已成为高技术制造业创新发展的“助推器”^[3]。随着高技术制造业在全球价值链中分工重构及对现代科技服务需求的增长,科技服务业与高技术制造业的融合互动越发紧密,推动二者空间结构逐渐向地区产业协同集聚发展。从理论上讲,二者协同集聚缩短了空间距离、增强了企业间的交互,能够促进知识、技术的空间溢出,促进创新人才获取,降低创新成本以及强化市场竞争,进而对高技术制造业创新活动产生重要影响^[4]。产业协同集聚通过产业内部、产业间或产业集群之间的互促互进和深度耦合可以实现“1+1>2”的协同创新效应^[5]。在协同集聚的情况下,创新资源仍然始终是稀缺的,产业发展的压力更为迫切,所以创新效率的提升对现代产业体系、新兴战略产业的尽快形成和创新能力的快速提升有关键性的作用。推动科技服务业与高技术制造业深度融合,关键是要通过二者协同来提升创新效率。因此,展开科技服务业与高技术制造业协同集聚对创新效率影

作者简介:孟卫军(1973-),男,陕西人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事技术创新管理研究,E-mail:250857876@qq.com。

林刚(1997-),男,安徽人,硕士研究生,主要从事技术创新管理研究,E-mail:lingang0605@qq.com。

刘名武(1979-),男,安徽无为,人,博士,教授,博士生导师,主要从事供应链管理研究。

基金项目:四川省循环经济研究中心课题(XHJJ-2004);重庆市教委高校人文社科项目(21SKGH085)

响研究,有助于认识创新效率和协同集聚水平的关系以及创新效率提升中的薄弱环节:是研发的问题还是成果转化的问题。厘清这些问题有助于区域产业融合和布局的决策,从而对加快促进制造业创新驱动转型和高质量发展具有重要意义。

随着产业融合发展进程不断加快,产业协同集聚对优化经济结构及转换发展动力的影响日益扩大,学界逐渐重视对产业协同集聚创新效应的研究。Amin 等^[6]认为产业协同集聚通过知识、技术外溢效应影响创新环境和创新成本,从而间接推动了创新发展。随后,Weterings 等^[7]也证实了这种知识溢出效应对企业研发创新具有激励作用。近年来,国内学者逐渐关注产业协同集聚对创新的影响,主要是对制造业和服务业协同集聚的创新效应进行理论分析和实证检验。在理论机制上,刘胜等^[8]认为产业协同集聚通过研发激励、降低企业交易成本和影响企业进入与退出决策对制造业的创新具有积极作用,而纪祥裕等^[9]认为产业协同集聚还满足了劳动力需求,有利于城市创新能力的提升。江曼琪等^[10]从城市尺度发现生产性服务业与制造业协同集聚总体上并不显著,只有高技术制造业与信息、商务、科技类服务业具有较强的协同集聚倾向,认为这些产业协同集聚的目的是通过“面对面”服务降低创新成本。在实证检验上,原毅军等^[11]考察了制造业与生产性服务业协同集聚对区域创新效率的影响,研究发现协同集聚促进了本地区的创新效率。郭卫军等^[12]考察了高技术产业与生产性服务业协同集聚对经济增长质量的影响,研究发现协同集聚通过推动技术进步这一传导机制促进了经济增长质量的提升。现有研究普遍关注生产性服务业与制造业的产业协同集聚,少见关于知识、技术密集型的科技服务业与高技术制造业的协同集聚研究,从而导致助推制造业由要素驱动向创新驱动转换的理论认识不足。

关于高技术制造业创新效率的测算研究,人们普遍采用数据包络分析方法(DEA)。因DEA无需预先设定目标函数的具体形式等优点,在创新效率的测算研究中已体现出方法的特色效用^[13]。经典DEA模型把投入要素经过系统内部“黑箱”转为产出要素,忽视了系统内部关联,对系统效率评价存在局限性。因此,一些学者提出了基于经典DEA模型的改进创新效率测度方法,通过将投入产出系统分解来测算系统内部各子阶段的效率^[14]。但是,创新过程作为一个复合系统,包括若干子阶段,且子阶段之间可能存在联系,而使用多阶段DEA方法则忽视了这一现象。为此,Tone等^[15]提出了基于投入产出松弛变量的网络DEA模型(网络SBM-DEA),可以测度投入产出可能不随同比例变化时的关联子阶段效率^[16]。如刘凤朝等^[17]认为高技术产业的创新具有两阶段链式过程特征,并应用网络SBM-DEA模型测度了东北三省的五类典型高技术产业的技术研发效率和经济转化效率。大多数有关产业集聚与创新效率关系的文献主要采用单一阶段的DEA模型进行效率评价,不适用于包含前后连续的多阶段创新过程。

综上所述,本文构造了一个网络SBM-DEA-Tobit分析框架,将高技术制造业创新价值链的结构解析成技术研发和成果转化两个阶段来测度其创新效率,并检验科技服务业与高技术制造业协同集聚对高技术制造业创新效率的影响,以期在有限空间资源、创新资源条件下为优化科技服务业与高技术制造业的产业布局提出更精准的区域产业发展政策,从而促进地区制造业创新与高效发展。本文的创新点为:一是以科技服务业与高技术制造业为对象,探讨了二者协同集聚提升高技术制造业创新效率的理论路径,并检验了科技服务业与高技术制造业协同集聚对两阶段创新效率的影响及其区域差异。二是将高技术制造业创新价值链的结构解析成技术研发和成果转化两个阶段,采用两阶段网络SBM模型进行效率测算,较以往单一阶段的研究更能体现创新的本质。

二、理论分析与研究假设

根据已有的产业协同集聚外部性理论,产业协同集聚是产业集聚的高级阶段,是从单一集聚向多样化集聚的升级^[18]。产业协同集聚对创新的影响主要表现在由集聚效应和产业交互带来的外部性。借鉴黄晓琼等^[19]从创新成本剩余和收益剩余分析视角,科技服务业与高技术制造业在特定地理范围内的协同集聚可以通过规模经济效应、交互效应、知识溢出效应、竞争效应等多种效应机制对高技术制造业技术研发和成果转化两个阶段的创新效率产生影响(见图1)。

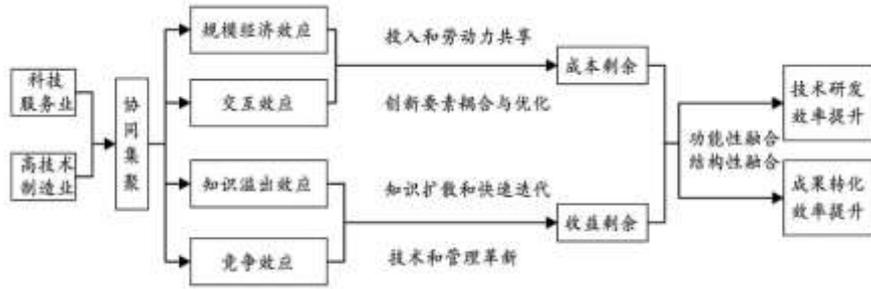


图 1 科技服务业与高技术制造业协同集聚对创新效率的作用机理

第一，规模经济效益。协同集聚使得集聚区内的企业通过投入和劳动力共享形成成本剩余。在集聚区内，通过提供企业共享的研发基础设施，如企业在技术研发过程中所需的实验设备、专业资料、网络信息服务等，降低企业研发成本，提高技术研发效率。劳动力蓄水池效应促使集聚区内企业的专业化服务岗位人才匹配概率和预期质量得到有效提升^[20]，从而减少创新的投入成本。此外，科技服务业运用现代先进科技方法和知识技术可以提供如信息搜索、开发设计、研发管理、科学试验、孵化推广等科技服务，而高技术制造业集聚促使企业对科技服务产生了大量市场需求，一旦企业的研发成果转化为适应市场需求的产品，企业的研发成果可以得到大规模转化，从而提高成果转化效率。

第二，交互效应。协同集聚为科技服务业与高技术制造业交互提供便利，产业间的交互效应带动了创新要素耦合与优化，有利于高技术制造业形成成本剩余。在全球创新高速发展下，高技术制造业仅依靠技术引进或企业自主研发已不能满足创新要求，越来越多的企业逐渐意识到合作研发、委托研发的优势，而科技服务业与高技术制造业的协同集聚使得企业从独立创新转向协同创新，有利于企业降低研发费用，加快产品从技术研发到成果转化的研究周期，也降低了研发风险。此外，协同集聚打破了企业间的沟通壁垒，集聚区内人才自由流动，为技术研发和成果转化两个阶段的创新提供人才和资金支持^[21]。

第三，知识溢出。协同集聚同样具有单一产业集聚的知识溢出效应，有助于高技术制造业产生收益剩余。集聚区内人才的大量流入同时带来了丰富的专业知识、技术和经验，人才的进一步流动与交流促使企业不断获取新知识和信息，知识和信息的循环积累、快速迭代以及交易成本的降低，促使企业快速掌握行业信息并进行消化吸收、模仿创新和成果转化^[11]，企业的专利产出量得以提高，同时也增加了专利转化的经济收益。

第四，竞争效应。集聚区内市场规模扩大，加剧了人才、资金等创新要素的市场竞争，也加剧了科技服务企业提供的产品和科技服务竞争^[22]。在市场竞争机制引导下，只有不断提升自主研发能力和产品质量的企业才能占据竞争优势和市场份额，这种竞争效应迫使科技服务企业不断升级服务品质和提升专业化程度，从而有利于高技术制造业产品附加值的提升，对产品质量和转化收益产生促进作用，有助于高技术制造企业产生收益剩余。基于此，根据上述分析，本文提出如下研究假设：

假设 1:科技服务业与高技术制造业协同集聚有利于高技术制造业技术研发阶段创新效率的提升。

假设 2:科技服务业与高技术制造业协同集聚有利于高技术制造业成果转化阶段创新效率的提升。

此外，科技服务业与高技术制造业的协同集聚需要地区具备一定的社会经济条件，并受到地方产业政策的影响；企业创新行为也会受到宏观经济环境和产业政策的影响。因此，东、中、西部地区在经济水平、要素禀赋、政策环境等方面的差异，不仅会使得各地区科技服务业与高技术制造业协同集聚水平存在异质性，也会导致二者协同集聚对两阶段创新效率的促进效应表现出差异性。因此，本文提出研究假设：

假设 3:科技服务业与高技术制造业协同集聚对高技术制造业两阶段创新效率的提升存在区域差异性。

三、创新效率与产业协同集聚水平测度

1. 创新效率测度

(1) 测度模型

在高技术制造业创新活动中，由于研发的专利成果作为中间产出，既是前期研发投入的结果，又作为技术投入参与到后期新产品开发和新工艺改造^[23]，这一过程为前后关联的两阶段创新链。因此，本文将创新系统解构为通过中间产出连接的技术研发、成果转化两个关联子阶段，采用网络 SBM-DEA 模型，对高技术制造业各关联子阶段的创新效率进行测算，可以克服传统多阶段 DEA 忽略子阶段间可能存在关联的局限性。

关于网络 SBM-DEA 模型。假设有 n 个决策单元 $DMU_j (j=1, \dots, n)$ ，包含 k 个阶段的效率 ($k=1, 2$)，第 k 个阶段的投入、产出数记为 m_k, r_k 。定义从第 k 个阶段到第 h 个阶段的关系为 (k, h) ，连接变量的个数为 L (中间产出变量数)。第 j 个决策单元在第 k 个阶段的投入、产出分别记为 $x_j^k \in R^{m^k}, y_j^k \in R^{r^k}$ ，第 k 个阶段到第 h 个阶段的连接变量记为 $z_j^{(k,h)} \in R^{t^{(k,h)}}$ 。其中， $j=1, \dots, n; (k, h) \in L; t^{(k,h)}$ 是连接关系 (k, h) 的变量个数。定义 $\lambda^k \in R^n$ 是对应于第 k 个阶段的权重向量， s^{k+}, s^{k-} 分别为投入、产出的松弛变量， w^k 是第 k 个阶段的相对权重，由该阶段重要性决定， ρ_j^* 为整体效率值。本文采用生产规模报酬可变的网络 SBM-DEA 模型，线性规划模型表达如下：

$$\begin{aligned} \min \rho_j^* &= \sum_{k=1}^K w^k \left[1 - \frac{1}{r_k} \left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_j^{k-}}{x_j^k} \right) \right] & (1) \\ \text{s. t. } & \begin{cases} x_j^k = X^k \lambda^k + s_j^{k-}, X^k = (x_1^k, \dots, x_n^k) \in R^{m^k \times n} \\ y_j^k = Y^k \lambda^k - s_j^{k+}, Y^k = (y_1^k, \dots, y_n^k) \in R^{r^k \times n} \\ e \lambda^k = 1 \\ \sum_{k=1}^K w^k = 1, w^k \geq 0 \\ Z^{(k,h)} \lambda^h = Z^{(k,h)} \lambda^k, Z^{(k,h)} = (z_1^{(k,h)}, \dots, z_n^{(k,h)}) \in R^{t^{(k,h)} \times n} \\ \lambda^k \geq 0, s_j^{k-} \geq 0, s_j^{k+} \geq 0, k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, n \end{cases} & (2) \end{aligned}$$

其中，式(2)中前两行表征生产前沿的约束条件，第三行是规模报酬可变的条件，第四行是子阶段相对权重的约束条件，第五行是连接变量的约束条件。定义技术研发效率、成果转化效率为 $E^{(1)}$ 和 $E^{(2)}$ ，技术研发阶段、成果转化阶段的效率评价分别为：

$$E^{(1)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{r_1} \left(\sum_{r=1}^{r_1} \frac{s_j^{1+}}{y_j^1} \right)}, E^{(2)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{r_2} \left(\sum_{r=1}^{r_2} \frac{s_j^{2+}}{y_j^2} \right)} \quad (3)$$

(2) 测度指标体系构建

关于技术研发阶段、成果转化阶段效率评价指标选择,参考冯志军^[24]、余泳泽^[25]、肖仁桥^[26]等人的研究,将技术研发阶段的投入分为 R&D 人员投入和 R&D 资本投入,选择研发人员全时当量来表征 R&D 人员投入,选择 R&D 经费内部支出来表征 R&D 资本投入。研发产出选择新产品开发项目数来表征非专利性成果,选择专利申请数和有效发明专利数来表征专利数量和质量。成果转化阶段的投入包括人员、技术和资金三个要素,将上一阶段产出的有效发明专利数作为本阶段的技术投入,选择高技术制造业从业人员数量表征人员投入,选择新产品开发经费支出表征资金投入。产出指标需要能够体现创新成果在市场中的竞争性和收益性,选择新产品销售收入来反映创新成果的市场收益,选择新产品出口额来反映创新成果的市场竞争能力,投入产出指标总结见表 1。考虑到 R&D 内部经费支出等指标会受到价格变动的影响,以 2009 年为基期,将 R&D 经费内部支出和新产品开发经费支出用李向东等^[27]构造的研发价格指数平减后计算存量,将新产品销售收入和出口额用工业生产者出厂价格指数平减。存量采用的永续盘存方法参考吴延兵^[28]等人的研究。考虑到投入产出的时滞性,本文沿用国内学者的做法,选择技术研发阶段和成果转化阶段的投入产出滞后期均为 1 年。创新效率测度指标体系中的数据来源于《中国高技术产业统计年鉴》,由于从 2009 年才开始公布规模以上高技术制造业企业科技活动的主要指标,因此,本文选取 2009—2017 年中国大陆 28 个省份(西藏、青海、新疆数据缺失)高技术制造业的相关数据为基础,利用 Max-DEA 软件测度我国高技术制造业两阶段创新效率。

表 1 高技术制造业两阶段创新效率测度指标体系

技术研发阶段		成果转化阶段	
投入指标	产出指标	投入指标	产出指标
R&D 人员全时当量	新产品开发项目数	从业人员人数	新产品销售收入
R&D 经费存量	专利申请数	有效发明专利数	新产品出口额
	有效发明专利数	新产品开发经费支出存量	

(3) 测度结果分析

第一, 总体情况。2009—2017 年我国高技术制造业技术研发效率、成果转化效率均值分别为 0.58、0.44, 这说明我国高技术制造业整体创新效率仍有很大提升空间。与技术研发效率相比, 成果转化效率较低, 说明我国高技术制造业技术研发阶段产生的成果只有部分可以转化为经济效益, 即研发成果与产品市场不能有效衔接。

第二, 分布情况。以两阶段创新效率均值为界, 将全国 28 个省市分布在四个象限中, 如图 2 所示。第一象限为高研发-高转化效率省市, 包括江苏、浙江、广东、北京、天津、重庆、四川、山东 8 个省市, 占比 28.57%, 其中 75% 的省市位于东部地区。这些省市经济发展水平领先、市场机制完善, 技术研发和成果转化阶段的人才、资金等创新资源得到优化配置。第二象限为低研发-高转化效率省市, 包括河南、广西、内蒙古、上海、福建 5 个省市, 占比 17.86%。这些省市的科技成果转化得到较好发展, 但是由于研发基础薄弱, 技术发展缓慢, 导致研发创新能力不强。第三象限为高研发-低转化效率省市, 主要为安徽。安徽在长三角城市群创新发展的带动作用, 研发资源得到较好的配置利用, 但缺乏将新技术转化为新产品的能力, 说明安徽应重视科技成果转化在创新链中的重要性, 完善市场机制, 拓宽成果转化渠道, 以提升成果转化效率。第四象限为低研发-低转化效率省市, 包括山西、吉林、河北、湖南、湖北、江西、云南、甘肃、辽宁、陕西、黑龙江、宁夏、海南、贵州 14 个省市, 占比 50%。这些省市主要为中西部欠发达地区, 由于经济条件不发达, 创新资源不足, 高技术制造业发展比较落后, 普遍存在创新要素投入不足、技术交易市场不完善等问题, 需要进一步提高创新投入力度, 并逐步改善市场环境。

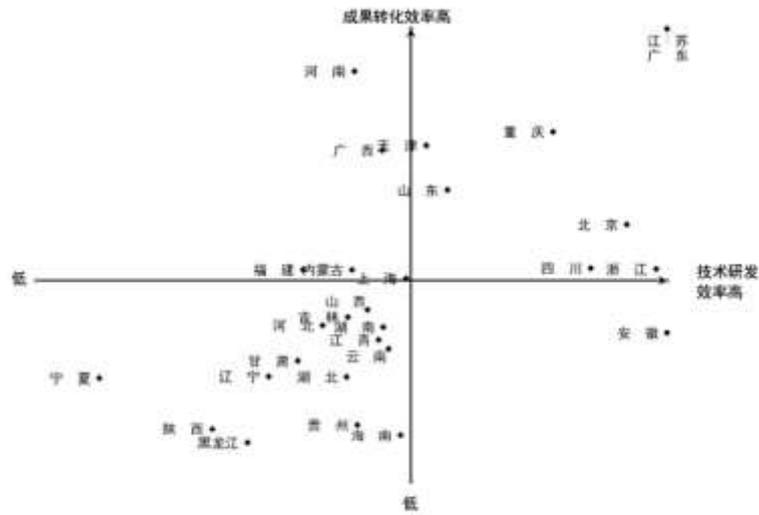


图 2 2009—2017 年高技术制造业两阶段创新效率均值矩阵图

2. 科技服务业与高技术制造业协同集聚水平测度

(1) 测度模型选择

产业协同集聚是指存在水平关联或垂直关联的不同产业在地理空间上集聚的现象^[29]，本文从科技服务业与高技术制造业协同集聚范畴分析两者协同集聚特征。参考陈建军等^[30]的方法，首先利用区位熵模型计算科技服务业和高技术制造业的集聚水平，进而计算出协同集聚水平(Coa)。省市*i*在*t*时期的高技术制造业集聚水平、科技服务业集聚水平以及协同集聚水平的具体计算公式为：

$$Hagglo_{it} = \left(\frac{H_{it}/H_t}{P_{it}/P_t} \right) \quad (4)$$

$$Sagglo_{it} = \left(\frac{S_{it}/S_t}{P_{it}/P_t} \right) \quad (5)$$

$$Coa_{it} = 1 - \frac{|Hagglo_{it} - Sagglo_{it}|}{(Hagglo_{it} + Sagglo_{it})} + |Hagglo_{it} + Sagglo_{it}| \quad (6)$$

式(4)中， H_{it} 为省市*i*在*t*时期的高技术制造业从业人数， H_t 为*t*时期全国高技术制造业从业人数， P_{it} 为省市*i*在*t*时期全行业从业人数， P_t 为*t*时期全国全行业从业人数。式(5)中， S_{it} 为省市*i*在*t*时期的科技服务业从业人数， S_t 为*t*时期全国科技服务业从业人数。

(2) 测度结果分析

本文选取 2009—2017 年我国 28 个省市科技服务业与高技术制造业的相关数据进行协同集聚水平测度，数据来源于《中国高技术产业统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》，测度结果如下：

第一，单一产业集聚特征。图3、图4显示，不同地区两类产业的集聚水平差异较大。东部地区的科技服务业集聚水平、高技术制造业集聚水平都高于全国平均水平，而中西部地区则相反。从时间趋势来看，东部地区的科技服务业集聚水平呈上升趋势，而高技术制造业集聚水平呈下降趋势。原因在于，东部地区作为高技术制造业发展高地，一直起到引领带动作用，随着产业转型升级不断深化，制造业逐渐从要素驱动型向创新驱动型产业转型，高技术制造业开始转移到中西部地区，使得东部地区高技术制造业集聚水平呈下降趋势。随着2014年10月国务院印发《关于加快科技服务业发展的若干意见》(国发[2014]49号)，东部地区的科技服务业集聚水平从2015年开始得到明显提升。中部地区的高技术制造业集聚水平呈快速上升趋势，科技服务业集聚水平呈下降趋势，这可能是由于中部地区作为产业承接地，促使高技术制造业规模迅速扩张，导致其集聚水平大幅上升，但科技服务业发展仍然滞后。西部地区的科技服务业集聚上升趋势不明显，高技术制造业集聚水平稍有提升，这可能是由于西部地区产业基础薄弱，在西部大开发等国家战略的不断扶持下，近年来成渝地区高新技术产业得到快速发展，带动了西部整体水平的提升。

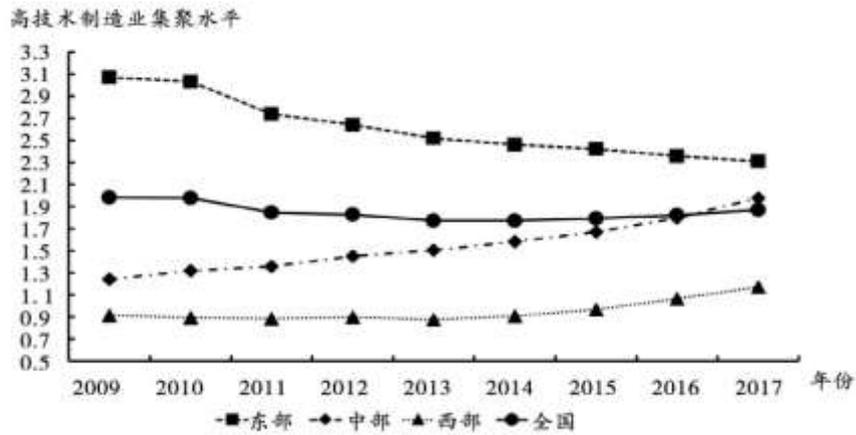


图3 2009—2017年高技术制造业集聚水平

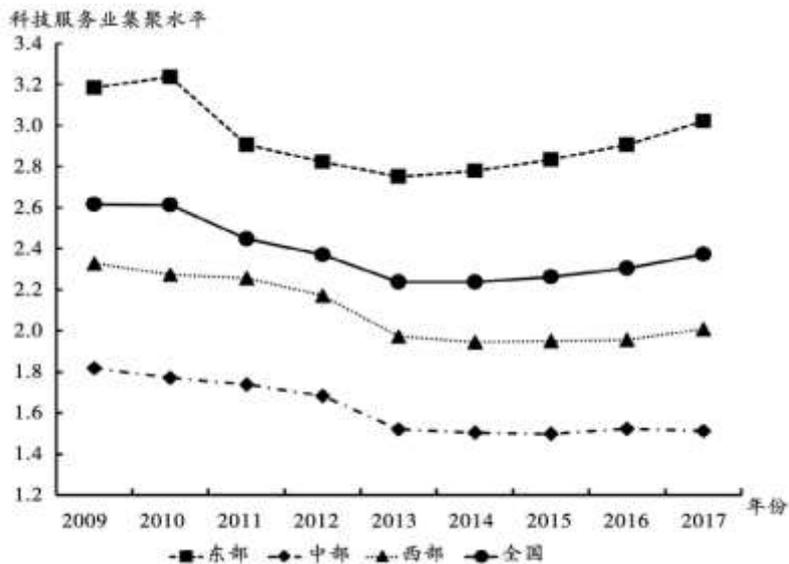


图4 2009—2017年科技服务业集聚水平

第二，产业协同集聚特征。图 5 显示，不同地区科技服务业与高技术制造业协同集聚水平差异显著。仅东部地区的协同集聚水平位于全国平均水平之上，东、中、西部地区梯度递减的分布格局十分明显。从时间趋势来看，2009—2017 年东部地区呈现先下降后缓慢上升趋势，中部地区呈现明显上升趋势，并且与全国平均水平差距逐渐缩小，而西部地区与全国平均水平的差距未发生显著变化，且中西部地区协同集聚水平差距逐渐拉大。总体来看，东、中、西部地区的科技服务业与高技术制造业协同集聚水平与其在技术研发、成果转化阶段创新效率上的空间格局较为一致。

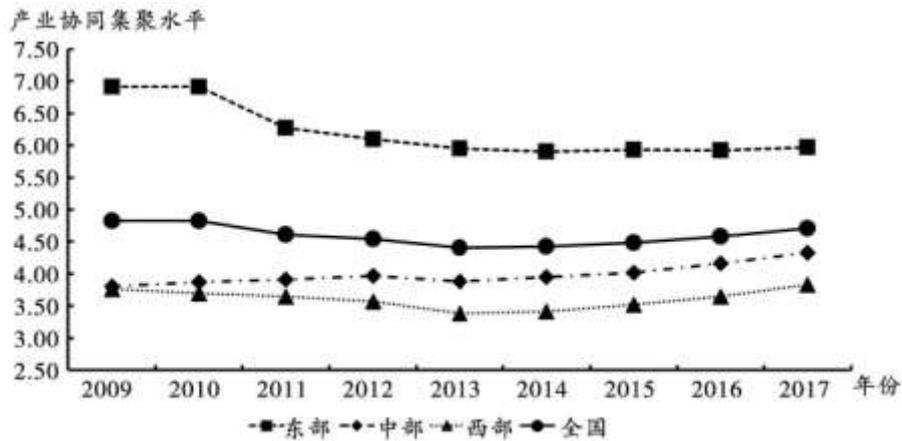


图 5 2009—2017 年产业协同集聚水平变化趋势

四、模型设定与变量说明

被解释变量的数值在 0~1 范围之间，具有非负截断的特征，使用最小二乘法进行模型估计将得到有偏结果，因此，本文采用面板 Tobit 模型解决这一问题。对于面板数据而言，固定效应下的面板 Tobit 模型通常不能得到一致、无偏的估计量^[31]，选择随机效应更为合适，具体模型设置如下：

$$E_{it}^{(k)} = C + \alpha_1 \ln Coa_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + u_i + e_{it} \quad (7)$$

式(7)中， i 代表省市， t 代表时期； $E^{(k)}$ 是被解释变量， $k=1、2$ ，分别表示高技术制造业技术研发效率和成果转化效率； Coa 代表科技服务业与高技术制造业协同集聚水平； X 代表控制变量集合； u_i 和 e_{it} 分别代表个体效应标准差和随机干扰项标准差； α_1 、 α_2 为待估参数。

被解释变量：高技术制造业两阶段创新效率值，采用上文计算得到的技术研发效率 ($E^{(1)}$)、成果转化效率 ($E^{(2)}$) 结果衡量。

解释变量：科技服务业与高技术制造业协同集聚水平，采用上文计算得到的产业协同集聚指数 (Coa) 衡量。

控制变量：本文选取的控制变量包括经济发展水平、政府支持力度和产业结构升级，考虑到高技术制造业不同创新阶段所受环境因素的差异性，进一步选择产学研合作、科技人员投入补充衡量区域技术研发环境，选择市场化水平、科技资金投入补充衡量区域成果转化环境。其中，经济发展水平用地区人均 GDP 表征；政府支持力度用政府财政支出中科技支出所占比重表征；产业结构升级用地区 GDP 中第三产业所占比重表征；借鉴王飞航和王钰森 (2021) 的方法，产学研合作用地区规模以上工业企业研发经费外部投入占 GDP 比重表征^[32]；科技人员投入用地区研发人员人数占就业人数比重表征；科技资金投入用地区研发经费内部支

出占 GDP 比重表征;市场化水平借鉴樊纲、王小鲁等编制的各地区市场化进程指数报告中获得。由于最新的市场化指数只编制到 2016 年,参考路畅(2019)的研究,本文 2017 年的市场化指数由 2009—2016 年的市场化指数进行移动加权平均得到^[33]。

本文选取 2009—2017 年我国 28 个省市的相关数据作为样本。数据来源于对应年份的《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国统计年鉴》以及各省市国民经济与社会发展统计公报,变量描述性统计见表 2。

表 2 变量描述性统计

变量	最大值	最小值	均值	标准差	变异系数	样本量
技术研发效率	1	0.100	0.607	0.276	0.455	252
成果转化效率	1	0.053	0.445	0.304	0.684	252
产业协同集聚	2.588	0.797	1.484	0.430	0.290	252
产学研合作	0.243	0.010	0.064	0.038	0.601	252
科技人员投入	1.759	0.405	0.975	0.302	0.309	252
科技资金投入	1.946	0.262	0.890	0.346	0.388	252
市场化水平	2.303	1.182	1.842	0.262	0.142	252
经济发展水平	2.556	0.029	1.438	0.493	0.343	252
政府支持力度	3.768	0.531	2.136	0.811	0.380	252
产业结构升级	4.389	3.354	3.766	0.192	0.051	252

五、实证结果分析

1. 总体回归分析

表 3 是分别以技术研发效率和成果转化效率为被解释变量的总体回归检验结果。模型个体误差 σ_u 与随机误差 σ_e 都较小,方差之比 ρ 的大小显示个体效应方差占复合误差的总方差比重较大,似然比检验结果显示 LRtest 值较大,显著拒绝不存在个体效应的原假设,说明使用随机效应面板 Tobit 模型估计较为合理。

表 3 第(1)(3)列是仅包括解释变量的回归结果,科技服务业与高技术制造业协同集聚对高技术制造业技术研发效率、成果转化效率影响的估计系数均在 1%的统计水平上显著正相关。随后加入控制变量进行回归检验,结果见表 3 第(2)、(4)列,科技服务业与高技术制造业协同集聚对技术研发效率和成果转化效率影响系数有所减小,但仍显著正相关,假设 1 和假设 2 得到验证。因此,科技服务业与高技术制造业协同集聚通过规模经济效应、交互效应、知识溢出效应、竞争效应的途径对高技术制造业技术研发和成果转化两个阶段创新效率的提升起到促进作用。说明我国各地区可以通过发展科技服务业与高技术制造业协同的产业集群来提升先进制造业的创新效率,从而驱动创新型经济的进一步发展。

从控制变量来看:(1)科技人员投入与技术研发效率显著正相关,表明提高科技人才投入强度是提升技术研发效率的重要路径之一。科技资金投入与成果转化效率显著负相关,当前我国基础研究与试验发展的资金投入不协调问题仍突出,以成果转化为导向的资金大规模投入容易造成投入冗余,不利于成果转化效率提升。(2)产学研合作对技术研发效率影响并不显著。这可能是由于近年来国家不断出台推动产学研一体化政策措施,企业、高校、科研院所合作交流形式越发多样,如人才交流、共享设备以及以知识产权平台为基础的信息互通、技术交流,而以资金支持形式所占比重降低,使得以资金支持形式表征的产学研合作驱动效应不明显,这与杜震(2013)的研究结论一致^[34]。市场化水平对成果转化效率影响并不显著,表明高技术制造业成果

市场化发展尚不成熟, 需要继续完善市场体制机制。(3) 经济发展水平对技术研发效率影响并不显著, 而与成果转化效率呈显著正相关。在技术研发阶段, 经济增长能为企业创新营造良好环境, 但是经济增长水平较高时也会带来投入冗余, 造成研发效率损失。在成果转化阶段, 经济发展水平较高地区更有利于推动研发成果市场化以满足大众消费需求, 促进研发成果大规模转化和应用, 有利于成果转化效率提升。(4) 政府支持力度与两阶段创新效率均显著负相关, 这可能是因为政府投入增加会降低企业创新的风险意识, 导致资金使用效率的降低, 不利于创新资源的优化配置, 这与张斌等(2020)研究结论相一致^[35]。(5) 产业结构升级对两阶段创新效率影响均不显著, 这可能是由于地区产业转型升级的速度较慢, 传统粗放式发展模式较难在短期内改变, 促使产业结构升级的创新效应未能显现, 这与桂黄宝(2014)的研究结论相一致^[36]。

表 3 总样本回归结果

变量	技术研发阶段		变量	成果转化阶段	
	(1)	(2)		(3)	(4)
产业协同集聚	0.199** (4.550)	0.172** (2.992)	产业协同集聚	0.226** (4.536)	0.122** (2.001)
科技人员投入		0.075* (1.712)	科技资金投入		-0.051** (-2.135)
产学研合作		0.081 (0.341)	市场化水平		0.137 (1.506)
经济发展水平		0.052 (1.430)	经济发展水平		0.065= (1.766)
政府支持力度		-0.055** (-4.263)	政府支持力度		-0.079** (-5.224)
产业结构升级		0.058 (0.621)	产业结构升级		0.061 (0.542)
σ_u	0.122**	0.111**	σ_u	0.131**	0.091**
σ_e	0.084**	0.081**	σ_e	0.102**	0.098**
ρ	0.677	0.654	ρ	0.624	0.463
LR test	201.37**	182.93**	LR test	168.44**	82.16**
Log Likelihood	225.15***	236.47**	Log Likelihood	179.26**	197.08**

注: 括号内数值为 t 值, ***, **, * 分别表示变量系数通过了 1%、5% 和 10% 的显著性检验, 下表同。

2. 区域异质性分析

本文进一步按东、中、西部地区进行分组回归, 以检验科技服务业与高技术制造业协同集聚对两阶段创新效率的影响是否存在区域差异, 结果见表 4。东部地区的产业协同集聚对两阶段创新效率均有显著促进作用; 中部地区的产业协同集聚仅对成果转化效率有显著促进作用, 对技术研发效率影响则不显著; 西部地区的产业协同集聚仅对技术研发效率有显著促进作用, 而对成果转化效率无显著影响, 假设 3 得以证实。究其原因, 东部地区具有人才、技术和资金优势, 高技术制造业与科技服务业的协同集聚发展比较成熟, 协同集聚对两阶段创新效率促进作用都比较明显。近年来, 中部地区产业协同集聚水平呈上升趋势, 作

为产业承接地，一方面产业协同集聚水平提高容易实现规模经济，同时也加剧企业间竞争，迫使企业提升产品质量，以提高企业竞争力，这一过程有利于成果转化效率提升；另一方面，中部地区承接了过多生产效率和创新能力相对较低的企业，这些企业自主创新意识薄弱，仅靠粗放式创新投入和模仿式创新实现企业收益增长，企业研发动力不足，这些因素使得产业协同集聚对技术研发效率的驱动效应不显著。西部地区在西部大开发、一带一路等国家战略和成渝地区高技术产业发展带动下，技术研发水平呈上升趋势，但由于产业基础薄弱，仍处在发展追赶期，而科技成果市场化、产业化水平仍处低位，产品竞争力不高，再加上经费投入不足，新产品开发缓慢，成果转化效率提升困难，与此同时，西部地区产业协同集聚水平维持在较低水平，使得产业协同集聚对成果转化效率的提升作用没有显现。

表 4 区域异质性分析结果

变量	技术研发阶段			变量	成果转化阶段		
	东	中	西		东	中	西
产业协同集聚	0.286*** (3.471)	0.224 (1.183)	0.167 (2.137)	产业协同集聚	0.271*** (5.209)	0.627** (3.563)	-0.216 (-1.147)
科技人员投入	0.109** (2.042)	0.119** (2.321)	0.121* (1.687)	科技资金投入	0.106** (2.231)	-0.169 (-1.124)	0.022 (0.34)
产学研合作	0.314 (1.18)	3.462** (2.267)	0.037 (0.09)	市场化水平	0.097 (0.836)	0.872*** (2.682)	0.557*** (4.119)
经济发展水平	0.052 (1.053)	0.107 (0.511)	0.208*** (4.444)	经济发展水平	0.146*** (2.637)	0.160 (0.658)	0.018 (0.367)
政府支持力度	-0.06* (-3.153)	-0.05 (-1.638)	-0.056** (-2.752)	政府支持力度	-0.091*** (-6.044)	-0.012 (-0.483)	-0.07** (-2.408)
产业结构升级	0.078 (0.578)	-0.692** (-2.255)	0.382** (2.655)	产业结构升级	0.312** (2.284)	0.477* (1.777)	0.228 (1.146)
σ_u	0.094***	0.172***	0.069***	σ_u	0.005***	0.150***	0.063***
σ_e	0.067***	0.074***	0.066***	σ_e	0.091***	0.065***	0.101***
ρ	0.69	0.84	0.52	ρ	0.75	0.84	0.28
LR test	58.56***	20.24***	19.15***	LR test	14.03***	22.50***	9.24***
Log Likelihood	120.44***	52.47***	94.11***	Log Likelihood	104.88***	59.09***	64.22***

3. 稳健性检验

为验证回归结果的可靠性，分别以更换核心解释变量的衡量方式、采用滞后一期的变量数据及分时段检验的方式，检验科技服务业与高技术制造业协同集聚对两阶段创新效率的影响，结果见表 5 和表 6。

首先，采用科技服务业集聚水平与高技术制造业集聚水平的交乘项替换产业协同集聚，替换核心解释变量后，变量系数的方向和显著性均与上文保持一致。其次，考虑到科技服务业与高技术制造业协同集聚对高技术制造业创新效率的影响可能存在时间滞后，将核心解释变量和控制变量滞后一期进行回归分析，结果显示，变量系数的方向和显著性均与上文保持一致。最后，借鉴谢子远等^[37]的做法，按时间段标准将整体样本分成 2009—2013 年和 2014—2017 年两个子样本分别回归，结果显示，分时

段下各子样本估计结果与整体样本估计结果的变量系数保持一致，表明上文的回归分析结果是稳健的。

表 5 稳健性检验(技术研发阶段)

变量	替换核心解释变量	滞后一期数据	分时间段(2009-2013)	分时间段(2014-2017)
产业协同集聚	0.069* (2.624)	0.084** (1.976)	0.196* (2.627)	0.192** (2.575)
科技人员投入	0.065* (1.651)	0.369* (1.673)	0.106 (1.603)	0.016 (0.251)
产学研合作	0.395* (1.<33)	0.066 (1.61)	0.113 (0.313)	0.111 (0.369)
经济发展水平	0.051 (1.326)	0.067* (1.738)	0.064 (1.364)	0.009 (0.205)
政府支持力度	-0.043* (-3.648)	-0.044*** (-3.722)	-0.043** (-2.277)	-0.036** (-2.226)
产业结构升级	0.067 (0.763)	0.051 (0.545)	0.132 (0.938)	0.037 (0.285)
σu	0.126*	0.124***	0.113***	0.125***
σe	0.067*	0.068***	0.085***	0.053***
ρ	0.779	0.766	0.639	0.847
LR test	234.23***	222.54***	74.07***	113.59***
Log Likelihood	239.54*	237.22***	114.55***	125.42***

表 6 稳健性检验(成果转化阶段)

变量	替换核心解释变量	滞后一期数据	分时间段(2009—2013)	分时间段(2014—2017)
产业协同集聚	0.104*** (3.684)	0.073* (1.896)	0.152 (2.197)	0.167** (2.108)
科技资金投入	-0.079* (-1.883)	-0.071 (-1.61)	0.013 (0.241)	-0.006 (-0.102)
市场化水平	0.168** (2.002)	0.184** (2.12)	0.225** (1.983)	0.092 (0.647)
经济发展水平	0.047 (1.134)	0.08** (1.984)	0.025 (0.643)	0.011 (0.205)
政府支持力度	-0.049*** (-3.571)	-0.055*** (-3.879)	-0.064*** (-2.969)	-0.041** (-2.42)
产业结构升级	0.028 (0.267)	0.024 (0.176)	-0.153 (-1.113)	0.049 (0.342)

σ_u	0.113***	0.109***	0.081***	0.142***
σ_e	0.078***	0.081***	0.106***	0.047***
ρ	0.674	0.646	0.368	0.899
LR test	149.71***	129.46***	23.41***	106.19***
Log Likelihood	212.63***	206.61***	96.52***	132.01***

六、结论与启示

科技服务业与高技术制造业协同集聚有助于促进先进制造业创新资源的优化配置并推动先进制造业创新效率的变。本文构造了一个网络 SBM-DEA-Tobit 分析框架,实证检验科技服务业与高技术制造业协同集聚对高技术制造业技术研发和成果转化两个阶段创新效率的影响,研究发现:(1)我国高技术制造业整体创新效率水平较低,成果转化效率要低于技术研发效率;(2)科技服务业与高技术制造业整体协同集聚水平有待提升,呈东、中、西部地区梯度递减格局;(3)科技服务业与高技术制造业协同集聚对技术研发、成果转化两阶段的创新效率均有显著促进作用,但这种创新促进作用存在明显区域差异,即产业协同集聚在东部地区对技术研发效率、成果转化效率均有显著促进作用,在中部地区仅对成果转化效率有显著促进作用,在西部地区仅对技术研发效率有显著促进作用。

基于上述结论,提出以下政策启示:(1)引导科技服务业和高技术制造业协同集聚并为之创造条件,注重区域内产业的协调发展。地方政府要以提升高技术制造业和科技服务业协同集聚的质量为目标,推进高技术产业集群发展,鼓励科技服务业与高技术制造业的技术交流和合作,通过规模经济效应、交互效应、知识溢出效应、竞争效应等途径作用于高技术制造业创新效率,增强产业协同集聚对创新效率的促进作用。对产业集聚不协调的省市,政府应优化区域内两类产业的资源配置,加强产业间的融合程度。(2)因地制宜,结合区域比较优势和竞争优势,注重区域集聚差别化发展,同时也应建立区域创新合作机制,普遍的提高创新效率。东部地区各省市应通过搭建技术交互平台、设立人才援助和资金支持的方式,促使科技服务资源流入中、西部地区,提高科技服务资源的空间配置效率,发挥对中西部地区的辐射带动作用,实现各地区创新互利共赢。中西部地区应在产业转移机遇下,结合自身资源禀赋、区域特色和产业基础,培育具有区域比较优势的高技术产业集群,引进并壮大科技服务企业,发挥科技服务业对高技术制造业的支撑作用,从而推动区域创新发展。(3)充分发挥市场作用,推动新技术大规模应用和迭代升级,提升创新整体效率,促进成果转化。基于互联网的线上线下技术交易市场,完善成果转化激励机制,在改善技术交易市场环境的条件下,引导企业创新场景应用、大规模应用,加速新技术的升级迭代。

本文从理论上探究了科技服务业与高技术制造业协同集聚影响高技术制造业技术研发阶段和成果转化阶段创新效率的效应机制,对这些效应作准确、科学的度量并进行效应机制的实证检验是未来的一个重要研究方向。同时,从省级尺度进行实证检验可能会使得回归结果存在一定程度偏差,实际上,城市群正成为中国高技术产业空间发展的主要载体。因此,在未来的研究中,从地级市和城市群尺度进行研究会使得结果更真实可靠,也能为各地区高技术制造业的创新发展提出更具有针对性的产业意见和建议。

参考文献:

- [1]李作志,苏敬勤,刘小燕.中国高技术产业技术创新效率研究[J].科研管理,2019(12):31-41.
- [2]王智毓,冯华.科技服务业发展对中国经济增长的影响研究[J].宏观经济研究,2020(6):102-113+121.
- [3]黄小勇,龙小宁.在集聚中走向创新——专利生产中的集聚经济效应研究[J].产业经济研究,2020(1):84-98.

-
- [4]高舒锐, 孟卫东. 高技术制造业与科技服务业的复合协同系统创新研究[J]. 中国科技论坛, 2019(9):111-120.
- [5]王兴明. 产业发展的协同体系分析——基于集成的观点[J]. 经济体制改革, 2013(5):102-105.
- [6]AMITI M. Location of vertically linked industries: Agglomeration versus comparative advantage[J]. European Economic Review, 2002, 49(4):809-832.
- [7]WETERINGS A, BOSCHMA R. Does spatial proximity to customers matter for innovative performance?: Evidence from the Dutch software sector[J]. Research Policy, 2009, 38(5):746-755.
- [8]刘胜, 李文秀, 陈秀英. 生产性服务业与制造业协同集聚对企业创新的影响[J]. 广东财经大学学报, 2019(3):43-53.
- [9]纪祥裕, 顾乃华. 生产性服务业与制造业协同集聚具有创新驱动效应吗[J]. 山西财经大学学报, 2020(7):57-70.
- [10]江曼琦, 席强敏. 生产性服务业与制造业的产业关联与协同集聚[J]. 南开学报(哲学社会科学版), 2014(1):153-160.
- [11]原毅军, 高康. 产业协同集聚、空间知识溢出与区域创新效率[J]. 科学学研究, 2020(11):1966-1975+2007.
- [12]郭卫军, 黄繁华. 高技术产业与生产性服务业协同集聚如何影响经济增长质量?[J]. 产业经济研究, 2020(6):128-142.
- [13]刘宜鸿. 基于 DEA 模型的我国商业银行效率评价[J]. 金融理论与实践, 2019(9):69-77.
- [14]宇文晶, 马丽华, 李海霞. 基于两阶段串联 DEA 的区域高技术产业创新效率及影响因素研究[J]. 研究与发展管理, 2015(3):137-146.
- [15]TONE K, TSUTSUI M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach[J]. Omega, 2014, 42(1):124-131.
- [16]李静, 倪冬雪. 中国工业绿色生产与治理效率研究——基于两阶段 SBM 网络模型和全局 Malmquist 方法[J]. 产业经济研究, 2015(3):42-53.
- [17]刘凤朝, 张娜, 赵良仕. 东北三省高技术制造产业创新效率评价研究——基于两阶段网络 DEA 模型的分析[J]. 管理评论, 2020(4):90-103.
- [18]王静田, 张宝懿, 付晓东. 产业协同集聚对城市全要素生产率的影响研究[J/OL]. 科学学研究, 2021(5):842-853+866.
- [19]黄晓琼, 徐飞. 科技服务业与高技术产业协同集聚创新效应: 理论分析与实证检验[J]. 中国科技论坛, 2021(3):93-102.
- [20]刘奕, 夏杰长, 李垚. 生产性服务业集聚与制造业升级[J]. 中国工业经济, 2017(7):24-42.
- [21]孙超, 王燕. 高新技术产业与生产性服务业协同集聚对区域创新效率的影响[J]. 科技管理研究, 2020(22):139-147.
- [22]刘军, 曹雅茹, 吴昊天. 产业协同集聚对区域绿色创新的影响[J]. 中国科技论坛, 2020(4):42-50.

-
- [23]杜宇, 黄成. 长江经济带高技术制造业创新效率时空格局演变研究[J]. 科技进步与对策, 2019(21):35-42.
- [24]冯志军, 陈伟. 中国高技术产业研发创新效率研究——基于资源约束型两阶段 DEA 模型的新视角[J]. 系统工程理论与实践, 2014(5):1202-1212.
- [25]余泳泽, 刘大勇. 创新价值链视角下的我国区域创新效率提升路径研究[J]. 科研管理, 2014(5):27-37.
- [26]肖仁桥, 钱丽, 陈忠卫. 中国高技术产业创新效率及其影响因素研究[J]. 管理科学, 2012(5):85-98.
- [27]李向东, 李南, 白俊红, 等. 高技术产业研发创新效率分析[J]. 中国软科学, 2011(2):52-61.
- [28]吴延兵. 自主研发、技术引进与生产率——基于中国地区工业的实证研究[J]. 经济研究, 2008(8):51-64.
- [29]张虎, 韩爱华, 杨青龙. 中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间效应分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2017(2):3-20.
- [30]陈建军, 刘月, 邹苗苗. 产业协同集聚下的城市生产效率增进——基于融合创新与发展动力转换背景[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2016(3):150-163.
- [31]杜江, 王锐, 王新华. 环境全要素生产率与农业增长:基于 DEA-GML 指数与面板 Tobit 模型的两阶段分析[J]. 中国农村经济, 2016(3):65-81.
- [32]王飞航, 王钰森. 高技术服务业集聚对区域创新效率影响的门槛效应[J]. 统计与决策, 2021(4):91-95.
- [33]路畅, 王媛媛, 于渤, 等. 制度环境、技术创新与传统产业升级——基于中国省际面板数据的门槛回归分析[J]. 科技进步与对策, 2019(14):62-68.
- [34]杜震, 秦旭. 高技术产业创新投入配置对创新效率影响分析[J]. 工业技术经济, 2013(4):102-108.
- [35]张斌, 沈能. 集聚外部性, 异质性技术和区域创新效率[J]. 科研管理, 2020(8):49-59.
- [36]桂黄宝. 我国高技术产业创新效率及其影响因素空间计量分析[J]. 经济地理, 2014(6):100-107.
- [37]谢子远, 吴丽娟. 产业集聚水平与中国工业企业创新效率——基于 20 个工业行业 2000—2012 年面板数据的实证研究[J]. 科研管理, 2017(1):91-99.